

POSSIBILITÉS DE SÉLECTION  
 POUR L'APTITUDE A LA PRÉMUNITION  
 DANS LE CAS DU PIÉTIN-ÉCHAUDAGE DES CÉRÉALES  
 (*GAEUMANNOMYCES GRAMINIS*)

par J.M. LEMAIRE\*, G. DOUSSINAULT\*\*,  
 P. LUCAS\*\*, B. PERRATON\*\*, A. MESSEGER\*\*

RÉSUMÉ. — La lutte biologique contre le Piétin-échaudage des céréales est basée sur la perte d'agressivité naturelle (ou provoquée) des souches sauvages agressives et par ailleurs sur l'aptitude de l'hôte à la prémunition. Des souches hypoagressives de *Gaeumannomyces graminis* inoculées à un Blé, provoquent des réactions de défense vis-à-vis des souches naturelles agressives. La résistance induite ainsi réalisée, varie dans sa réponse en fonction du cultivar, et une telle variabilité est exploitée, depuis 1973, dans un programme de sélection original ayant pour objectif de créer des cultivars bien adaptés à la prémunition.

La présente communication a pour objet de décrire les méthodes de sélection (basées sur la méthode des bulks), les techniques d'appréciation de la qualité des géniteurs et des variétés pour l'aptitude à la prémunition et les résultats déjà obtenus qui montrent l'intérêt de ce critère original de sélection.

SUMMARY. — The biological control of cereals take-all is based on the natural or induced decrease of aggressivity of the fungus and on the host capacity of cross-protection. Hypo-aggressive isolates of *Gaeumannomyces graminis* inoculated to a wheat induce some resistance capacity against normal aggressive fungus of the soil. This induced resistance is variable among the wheat cultivars. The variability has been used in ■ original selection program since 1973; we want to improve the level and the stability of cross protection capacity in selected lines.

The methods of selection (using the bulk technic), the tests to appreciate the value of genitors and selected lines ■ described in this paper. The first results are encouraging and point out the interest of this original method of selection.

\* Station de Pathologie Végétale, INRA, Centre de Recherches Agronomiques d'Avignon  
 Domaine St Maurice - 84140 Montfavet.

\*\* Stations d'Amélioration des Plantes et de Pathologie Végétale, INRA, Domaine de la  
 Motte-au-Vicomte, 35650 Le Rheu.

## INTRODUCTION

Le piétin-échaudage des céréales provoqué par *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier = *Ophiobolus graminis* Sacc. est une maladie grave dans les assolements céréaliers intensifs. C'est un des facteurs biologiques qui limite la durée des successions de blés ou d'orges en entraînant des chutes de rendements importantes parfois dès le 2ème blé, le plus souvent après 3 ou 4 années de monoculture.

Le champignon responsable, d'origine tellurique, n'est pas, pour l'instant, détruit par des traitements fongicides. Il n'existe par ailleurs, que très peu d'espoir de mettre au point des variétés résistantes, aucun géniteur, aucune espèce voisine du blé ne présente un niveau de résistance intéressant. D'où l'intérêt de poursuivre les recherches relatives à une méthode de lutte biologique basée sur la découverte et l'exploitation de souches hypoagressives du même parasite (LEMAIRE, 1973; WONG, 1975) ou de champignons voisins (DEACON, 1976).

Le principe de cette méthode repose sur l'évolution d'un phénomène naturel : en culture continue de Blé, les attaques de Piétin-échaudage apparaissent généralement dès la 2ème ou la 3ème année de monoculture pour atteindre un maximum d'intensité en 4ème ou 5ème année. Ensuite une atténuation naturelle de la maladie se crée (GARRETT, 1970; LEMAIRE et COPPENET, 1968) qui semble en relation avec la perte d'agressivité des souches de *G. graminis* et les modifications de métabolismes sous l'effet semble-t-il de particules virales (LAPIERRE et al., 1970; FERAULT, 1980).

En introduisant dans le sol des souches hypoagressives virosées on parvient à prévenir les attaques graves de Piétin-échaudage (LEMAIRE et JOUAN, 1973). L'effet du traitement est double. Il semble d'une part qu'il y ait contagion du facteur hypoagressif de l'inoculum apporté, aux souches agressives naturelles (LEMAIRE et al., 1976); et que d'autre part, la souche hypoagressive induise une certaine résistance chez la plante sur laquelle elle s'installe (TIVOLI et al., 1974).

Le niveau de résistance induite, varie en fonction du cultivar, d'où l'idée dès 1973, de chercher à sélectionner pour ce critère qualitatif qu'est l'aptitude à la prémunition ou à la résistance induite.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

## 1. -- LES GÉNITEURS

Les géniteurs ont été choisis parmi les cultivars placés dans trois situations différentes en premier Blé (1), en 2ème ou 3ème Blé (quand apparaissent les dégâts de Piétin-échaudage) (2), dans une parcelle en 2ème ou 3ème Blé dont le précédent cultural est un blé inoculé avec une souche hypoagressive et eux-

mêmes inoculés (3).

Les cultivars dont les différences de rendements entre la situation (1) et la situation (3) sont faibles et dont les différences de rendement entre les situations (3) et (2) sont élevés, sont choisis pour leur meilleure aptitude à la prémunition.

Des tests *in vitro* confirment ce choix.

Parmi les cultivars intéressants, nous avons retenu :

**Kavkaz** : variété issue d'un croisement interspécifique entre le Blé et le Seigle (K)

**Maris-Bilbo** : lignée demi-naine obtenue en Grande Bretagne (P.B.I. Cambridge) (TL 34).

**Lutin, Maris-Huntsman**, et les géniteurs obtenus à la station d'Amélioration des plantes de Rennes : (V.P.M. x Moisson) 9; (V.P.M. x Moisson) 4; **Roazon**; (Champlein x Aronde) 68; Cappelle x Élite) 24. (DOUSSINAULT et al., 1974).

## 2. — LES CROISEMENTS

Dès 1973, les croisements suivants furent réalisés :

(V.P.M. x Moisson) 4 x Maris-Huntsman;

(Cappelle x Élite) x (V.P.M. x Moisson) 9;

(Champlein x Aronde) 68 x (V.P.M. x Moisson) 9;

(TL 34) x (K)

Un deuxième cycle de sélection est entrepris dans des croisements meilleurs lignées issues des croisements précédents et ayant des origines différentes.

## 3. -- LES SOUCHES DE *G. GRAMINIS*; LES TECHNIQUES D'INOCULATION

Deux types de souches servent dans les essais. Une souche hypoagressive (a) (911 de la collection) isolée en 1969 d'une monoculture de blé à Quimper, et différentes souches agressives isolées l'année précédant les essais et dont on vérifie préalablement le pouvoir pathogène.

La souche hypoagressive est apportée aux semences par un enrobage à base d'une poudre contenant l'inoculum et constituée du mycélium et de grain d'orge (support de sa croissance). A cette poudre de base sont ajoutés des adjuvants qui permettent de faire adhérer de 5 à 10 kg de poudre par quintal de semences.

## 4. — TECHNIQUE DE SÉLECTION (Fig. 1)

La technique est adaptée de la méthode dite des Bulks, proposée par NILSON EHLE en 1908. Elle consiste à semer en mélange les descendants d'un croisement, laisser agir la sélection naturelle, semer à nouveau le produit de l'année précédente jusqu'à atteinte de l'homozygotie.

Les modifications proposées concernent :

le milieu :

Les blés enrobés sont semés dans des parcelles susceptibles d'être attaquées

## CROISEMENTS

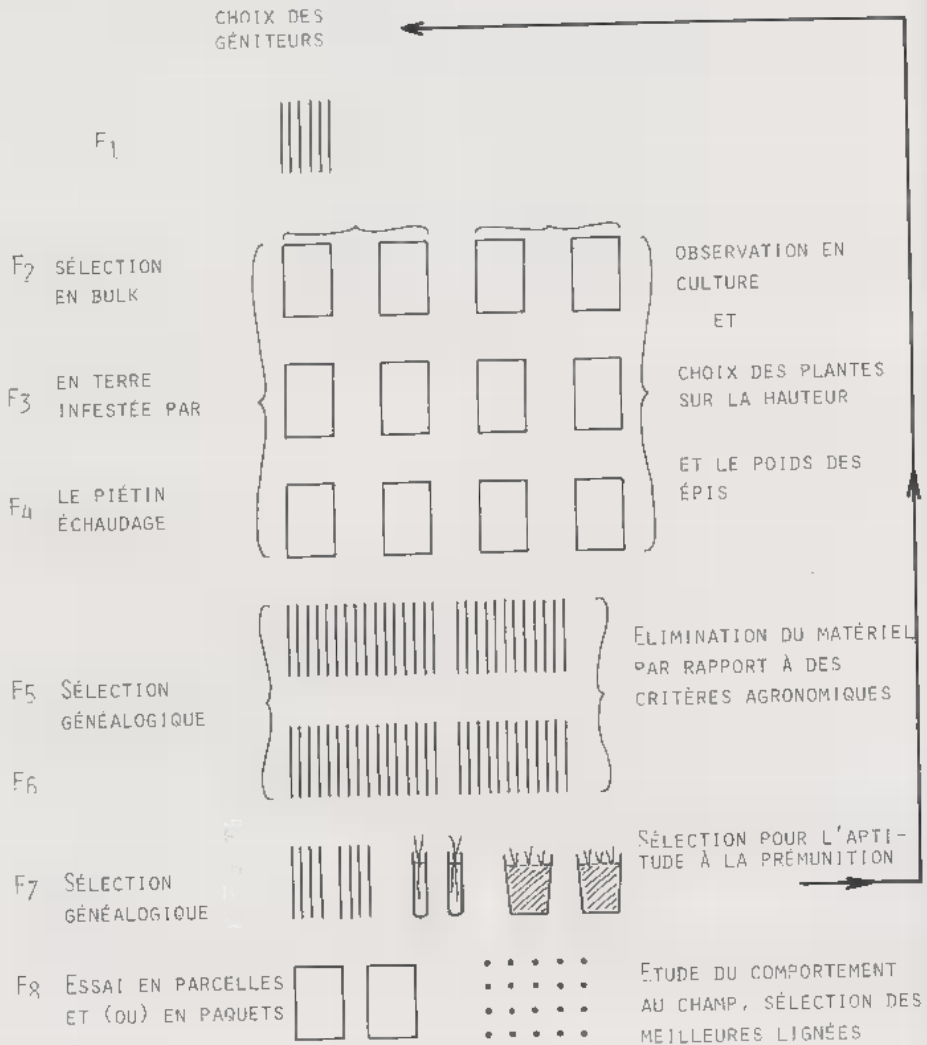


Fig. 1. — Schéma d'un cycle de sélection pour l'aptitude à la prémunition.

d'une façon naturelle par le Piétin-échaudage (soit second blé lorsque la tête d'assolement est le Maïs, soit troisième blé lorsque le blé succède à une crucifère ou une légumineuse), le blé précédent étant lui-même enrobé avec une souche hypoagressive de *G. graminis*. La notation de la pression de sélection est appréciée par la cartographie des foyers de Piétin-échaudage et leur évolution (Fig. 2).

PARCELLES D'UN CROISEMENT (Y x Z) DISPOSÉES DANS DES BLOCS SUR UN TERRAIN INFECTÉ

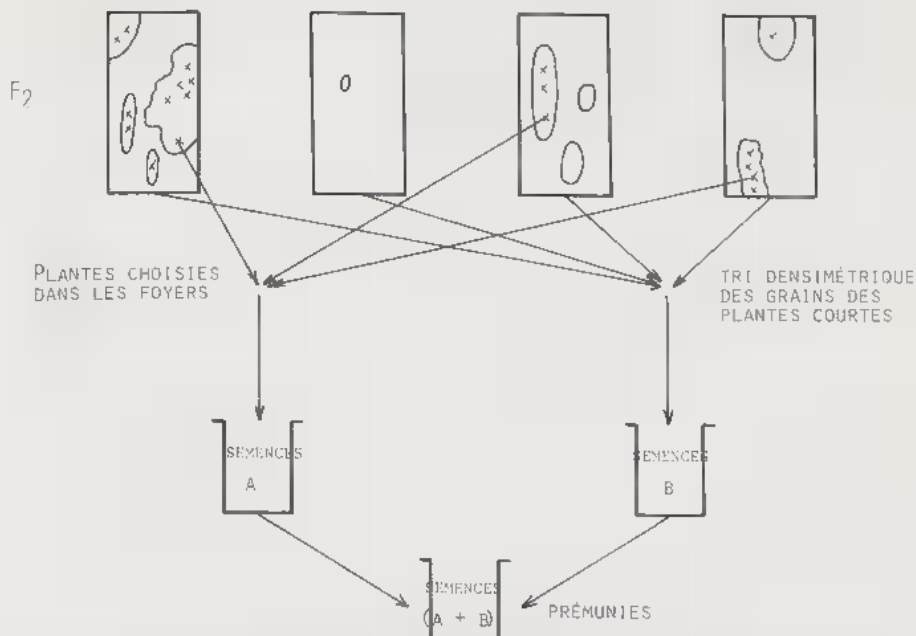


Fig. 2. — Schéma de la sélection d'un croisement en F2, F3 ou F4 pour l'aptitude à la prémunition au piétin-échaudage.

### le choix des plantes :

Après élimination des plantes hautes, on choisit des plantes non échaudées à l'intérieur des foyers ou, lorsque la maladie est généralisée, on trie les grains non échaudés.

### la durée du Bulk :

Elle est limitée à 3 ans, F2, F3, F4 et s'achève par un ultime choix des plantes : (les plus saines dans les foyers, ou les plantes les plus courtes ayant un poids d'épi élevé en dehors des foyers).

Ensuite débute une sélection généalogique classique sur les caractères agronomiques visibles en pépinière en F5 et F6. Enfin, les descendants retenus sont semés en pépinière et analysés pour leur réponse à la prémunition.

## 5. — TESTS POUR L'APTITUDE A LA PRÉMUNITION (Fig. 3).

L'aptitude à la prémunition est mesurée *in vitro* en tubes remplis de perlite selon la technique décrite par TIVOLI et al. (1974) à la différence près que l'inoculum hypogressif est apporté sous forme d'enrobage. L'indice de nécrose :

**I = Longueur de nécrose** ■ ■ ■ / **Nombre de racines ayant atteint l'inoculum** des blés inoculés et des blés témoins est mesuré dans le temps.

Une épreuve en vase de végétation complète le test in vitro. Des semences enrobées ou non sont mises en vase de végétation contenant un mélange terreux et dans lequel un inoculum agressif a été localisé.

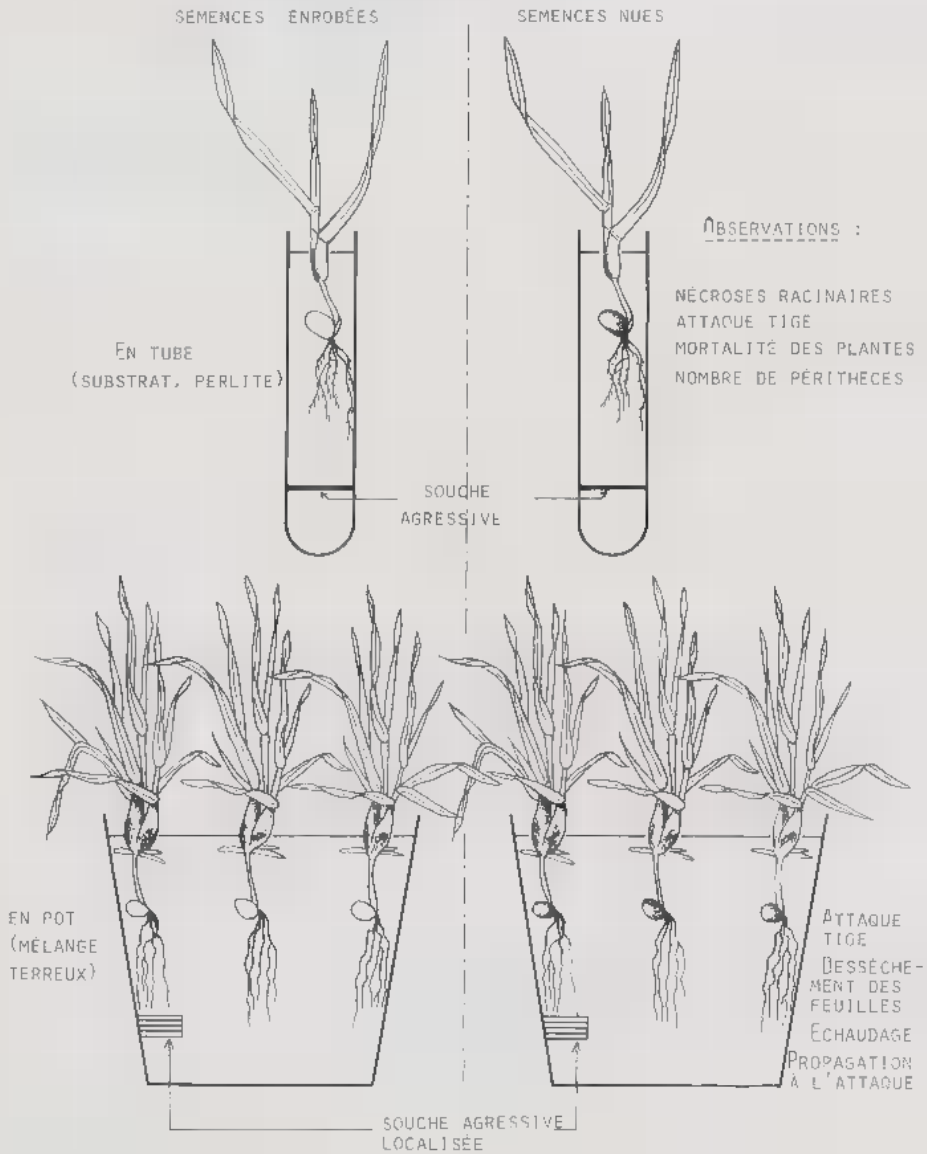


Fig. 3. — Analyse de l'aptitude à la prémunition.



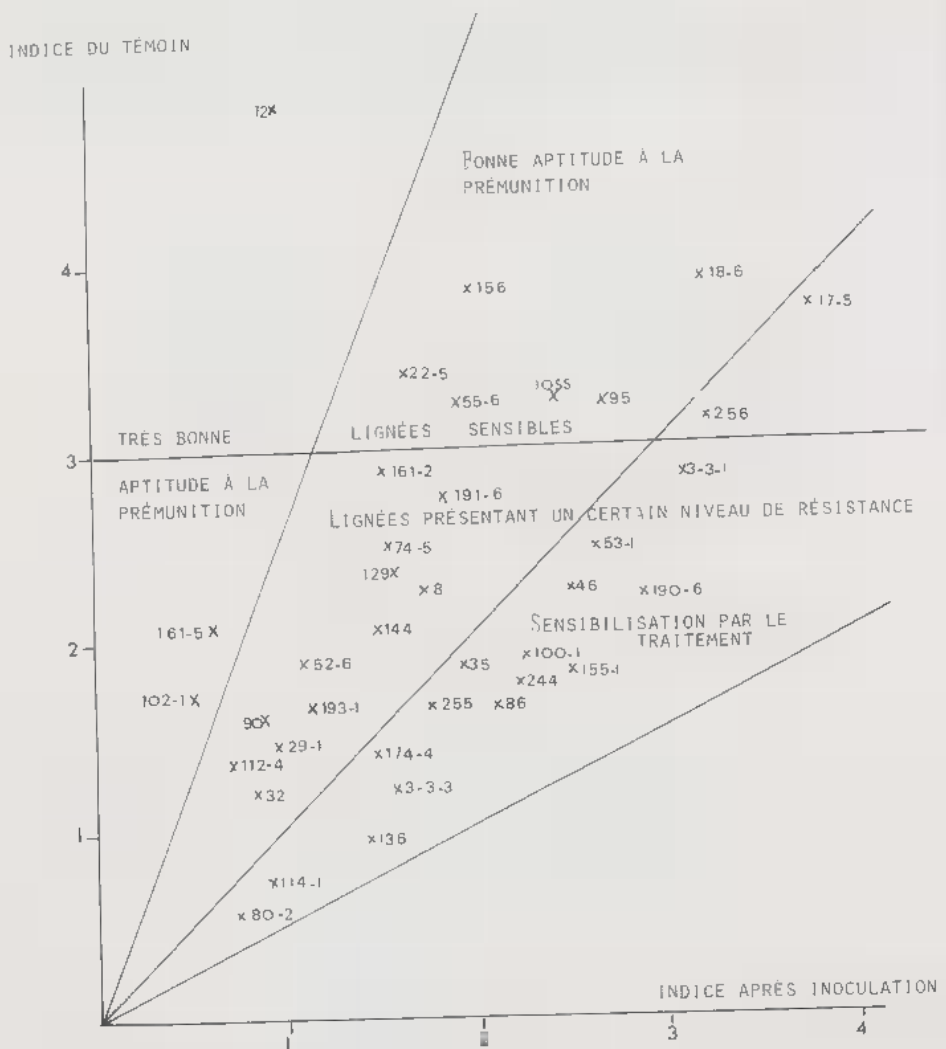


Fig. 4. — Classement des lignées selon leur sensibilité et leur aptitude à la prémunition.

graphique de la figure 4. En abscisse, sont portés les indices de nécrose des blés inoculés, en ordonnées ceux des blés témoins. Chaque cultivar est représenté par un point; ceux qui sont situés au-dessus de la première bissectrice correspondent à des blés qui, dans les conditions de l'expérience, sont sensibilisé par le traitement biologique.

Par ailleurs, on peut noter que plus l'indice de nécrose est élevé chez le témoin, plus le blé est sensible au Piétin-échaudage.



Du graphique de la figure 4, on peut retenir les cultivars 102-1, 12, 161-5 notamment.

Une deuxième notation des nécroses racinaires permet d'apprécier leur évolution plus ou moins rapide. Un cultivar inoculé dont les nécroses évoluent moins vite par rapport à son homologue témoin, présente un intérêt appréciable.

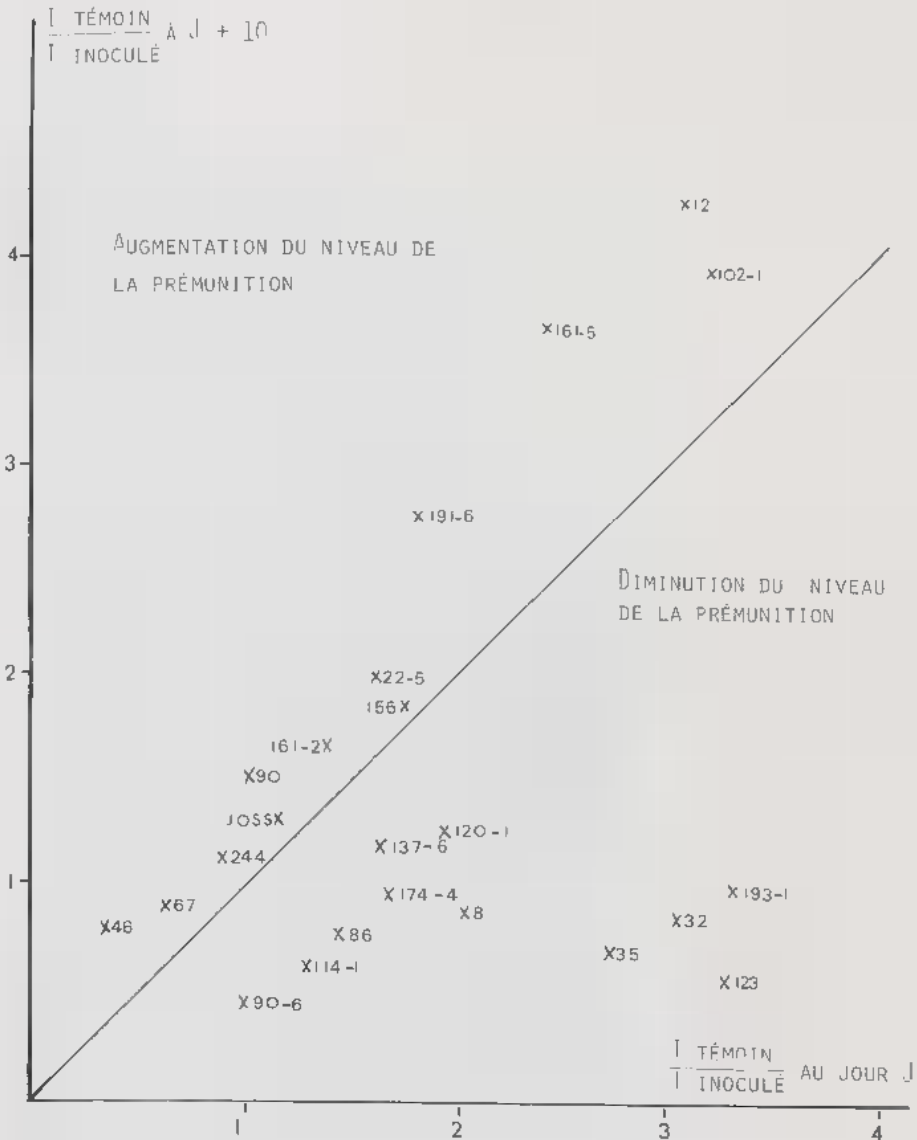


Fig. 5. — Évolution du niveau de la prémunition en dix jours.

La fig. 5 montre l'évolution des nécroses au cours d'une période de 10 jours.

Tous les cultivars qui sont représentés au-dessus de la bissectrice présentent des nécroses qui évoluent moins vite que dans le témoin homologue. Les cultivars 102-1, 12 et 161-5 sont encore parmi les plus intéressants.

Les mesures effectuées en pot portent à la fois sur la vigueur comparée entre les blés enrobés et les blés témoins. Dans le croisement TL 34 x K, les cultivars 55-6, 100-1, 102-1 sont parmi les meilleurs alors que dans un croisement effectué en 1975 entre le V.P.M. M. 9 et trois lignées I<sup>3</sup> 87 et I<sup>2</sup> 48 et 79 semblent très intéressantes. Par ailleurs, quand les attaques de *G. graminis* sur la tige sont notées, il est possible de trouver des cultivars intéressants comme

Tab. 2. — Influence de l'enrobage des semences avec une souche hypoagressive de *G. graminis* sur les dégâts observés sur la tige de quelques cultivars

Référence	Pourcentage de tiges attaquées	
	Témoin	Inoculé
TL 34 x K . 120 . . . . .	100	8
TL 34 x K . 25 . . . . .	92	29
TL 34 x K . 67 . . . . .	36	0
TL 34 x K . 101 . . . . .	67	43
TL 34 x K . 100 . . . . .	58	■
TB 38 B x M.V. 2.6.4.4. . .	54	21

Tab. 3. — Rendement parcellaire en ■ des lignées sélectionnées pour leur réponse favorable au traitement biologique en présence d'une attaque naturelle de piétin-échaudage

Lignées	Rendements parcellaires		Blé "inoculé": % par rapport: au témoin
	Blé témoin	Blé "inoculé"	
TL 34 x K : 52.6 . . . . .	2 000	2 400	120
TL 34 x K : 102.1 . . . . .	2 100	2 600	124
TL 34 x K : 114.1 . . . . .	2 250	2 600	115
TL 34 x K : 156 . . . . .	1 900	2 450	129
TL 34 x K : 191.6 . . . . .	2 150	2 450	114
TL 34 x K : 120 . . . . .	2 300	2 600	113
Maris huntsman x V.M.4 : 101.1.9	■ 800	2 500	139

Les meilleurs rendements sont ceux de trois cultivars enrobés : 102.1, 114.1 et 120.

dans le croisement TL 34 x K : les numéros 67 et 100 qui sont, dans les conditions de l'expérience, totalement indemnes (Tab. 2).

Les lignées ayant donné en cours de sélection les résultats qualitatifs les plus intéressants sont enfin mises en essais de rendement avec ou sans inoculation des semences (Tab. 3).

## DISCUSSION - CONCLUSION

Le schéma de sélection présenté ■ été amélioré chaque année. En effet, la sélection pour un caractère qualitatif comme l'aptitude à une résistance induite



Pl. I. — Prémunition en tube perlite. A droite, cultivar A10 qui réagit favorablement (peu de nécroses sur les racines plantules vivantes); à gauche cultivar A9 qui ■ réagit pas à la prémunition. — I: Inoculum agressif apporté sous forme de poudre ■ couche fine; N : Noircissement des racines, symptôme occasionné par le champignon agressif.

ne peut être définie avec précision qu'après quelques années de sélection quand les critères de choix se précisent. Cependant, les progrès très importants réalisés (Pl. 1 et 2) montrent l'intérêt de telles études. Un cultivar du type 102.1 pourrait devenir une variété cultivée.



Pl. 2. — Prémunition en pot, en terre infestée par une souche agressive de *G. graminis*. A droite, les plantes dont les semences ont été enrobées restent saines : aucune attaque au niveau des tiges alors que le témoin à gauche est gravement malade.

Par ailleurs, l'enrobage des semences avec une souche hypoagressive de *G. graminis*, outre l'effet bénéfique dans le domaine de la lutte biologique contre le Piétin-échaudage, a un aspect intéressant sur des modifications physiologiques observées sur certains cultivars (LEMAIRE et al., 1979). La sélection pour ce caractère présente un intérêt évident étant donné qu'il est possible dans certaines situations d'augmenter les rendements d'une variété dans un sol dépourvu de Piétin-échaudage par le seul fait de modifications physiologiques favorables. Le programme actuel de sélection s'oriente maintenant vers ce nouvel aspect.

Enfin, au cours des nombreuses manipulations effectuées sur les cultivars, nous avons pu distinguer ceux qui réagissaient vite (de 2 à 4 jours à 20°C) mais d'une façon peu durable de ceux qui répondaient plus lentement (1 semaine à 20°C) mais d'une façon quasi définitive.

## BIBLIOGRAPHIE

- DEACON J.W., 1976 — Biological control of take all by *Phialophora radiculicola*. *Eppo Bull.* 6 (4) : 297-308.
- DOUSSINAULT G., KÖLLER J., TOUVIN H., DOSBA F., 1974 — Utilisation des géniteurs VPM 1 dans l'amélioration sanitaire du Blé tendre. *Ann. Amél. Plantes*, 24 (3) : 215-241.
- FERAULT A.C., 1980 — Les particules de type viral associées à *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier, quelques aspects de leurs relations avec le champignon. Thèse d'Ingénieur INA, Paris, 82 p.
- GARRETT S.D., 1970 — Pathogenic root-infecting fungi, Cambridge University press, 294 p.
- LAPIERRE H., LEMAIRE J.M., JOUAN B., MOLIN G., 1970 — Mise en évidence de particules virales associées à une perte de pathogénicité chez le Piétin-échaudage des céréales. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 271 : 1833-1836.
- LEMAIRE J.M., CARPENTIER F., DALLE J.F., DOUSSINAULT G., 1979 — Lutte biologique contre le Piétin-échaudage des céréales. Modifications physiologiques chez le blé inoculé par une souche atténuée d'*Ophiobolus graminis*. II. Changement de la teneur en chlorophylle. *Ann. Phytopath.* 11 (2) : 193-197.
- LEMAIRE J.M., COPPENET M., 1968 — Influence de la succession céréalière sur les fluctuations du Piétin-échaudage - *Ophiobolus graminis*. *Ann. Epiphyties* 19 (4) : 584-599.
- LEMAIRE J.M., JOUAN B., 1973 — Perspectives de lutte biologique contre les parasites des céréales d'origine tellurique. In : La lutte contre les maladies des céréales, t. 1, C.R. ITCF, 28 fév., p. 65-81.
- LEMAIRE J.M., JOUAN B., COPPENET M., PERRATON B., LECORRE L., 1976 — Lutte biologique contre le Piétin-échaudage des céréales par l'utilisation de souches hypoagressives d'*Ophiobolus graminis*. *Sciences Agronomiques*, Rennes : 63-65.
- MESSAGER A., 1980 — Étude de la variabilité génétique pour l'aptitude à la prémunition par les souches hypoagressives de *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx et Olivier chez les triticinées. Mémoire de fin d'études, E.N.S.A. Rennes, 45 p.
- NILSSON EHLE, 1908 — Einige ergebnisse von kreuzungen bei hafer and weizen. *Botan. - Notiser, lund*, 6 : 257-294.
- TIVOLI B., LEMAIRE J.M., JOUAN B., 1974 — Prémunition du Blé contre *Ophiobolus graminis* Sacc. par des souches peu agressives du même parasite. *Ann. Phytopathol.* 6 (4) : 395-406.
- WONG P.T.W., 1975 — Cross protection against the wheat and oat take-all fungi by *Gaeumannomyces graminis* var. *graminis*. *Soil Biol. Biochem.*, 7 (3) : 189-194.